羊隻自動化精料餵飼系統

邱奕志[1]、蔡惟至[2]

[1] 國立宜蘭大學生物機電工程學系終身特聘教授、財團法人農業機械化研究發展中心主任

[2] 國立宜蘭大學生物機電工程學系碩士

*Email: yichiu@niu.edu.tw

摘要

羊隻生長之精料營養供給非常重要，以確保健康生長，而少量多餐的餵給精料模式，可有效提升羊隻之換肉率或泌乳量。由於台灣羊場飼養規模不大，需將不同羊隻生長階段飼養於同一羊舍，以區段分隔。精料餵飼時，需依照各個生長階段供給不同精料配方。因此本研究目的旨在開發一套羊隻省工自動化精料餵飼系統，以懸吊方式行走於羊場內，並可偵測不同區段之飼養羊隻進行精料配比的施放。

羊隻自動化精料餵飼系統由飼料桶與精料配出機構、懸吊式飼料箱移動機構，以及感測控制單元等三個部份組成。研製之飼料桶具備兩個子桶，可放置兩種不同精料，並依照餵飼區段給予不同飼料配比、精料餵飼量及餵飼時間等設定。透過變頻器設定飼料配出馬達轉速以達成各區域兩子桶之不同放料速度，來達成不同餵飼區域不同精料配比的要求，每日可設定多個餵飼時段。經由飼料桶裝設振動馬達，試驗粉狀、小顆粒與大顆料之飼料，其殘料率皆為 0，代表飼料桶內之精料可以完全排出，不會有死角結塊之問題。

在實際場域之作業能量試驗結果顯示，餵飼系統可依照設定時間和不同區段偵測，完成整個排程的餵飼。藉由羊農餵飼試驗，以一天餵飼八次，每次每隻羊 100g 的精料施放，此少量多餐的精料餵飼模式，可有效提升羊隻的泌乳量 10%。開發之自動餵飼系統具有實用價值，目前已推廣至羊場應用，有效解決國內面臨缺工之問題，達成省工自動餵飼之目的，並有效提升羊隻飼養品質。

關鍵詞：羊隻、餵飼、自動化、精料、精準管理

一、緒論

應用精準自動化系統幫助農民生產與管理是重要的發展趨勢，透過自動化解決勞工短缺與農村人力老化的問題，也可以降低勞工作業的危險性。藉著自動化機器，可使飼料投放更加精準，減少人力餵飼時造成每一餐餵飼量不同的情形。本研究研製一套羊隻自動化精料餵飼系統，可偵測餵飼區段，進行不同精料配比的餵飼、調整不同區段的餵飼量、可設定餵飼時間等功能。透過機器取代人力進行每日繁複的餵飼工作，達到精準放料，減少餵飼人力支出，透過少量多餐餵飼模式，提升乳羊的泌乳量。

二、材料與方法

2.1 羊隻自動化精料餵飼系統之控制架構

設計之羊隻自動化餵飼系統，於彰化縣神來牧場設置系統之試驗及功能評估，其飼養羊隻數量約為 400 頭。羊舍採高欄羊床的設計，長 55 m、寬 10 m，半開放式四周無遮蔽物。羊群主要分為仔羊、懷孕羊、泌乳羊、女羊，以柵欄隔開放養於不同的區域。系統依照個別生長階段，給與不同的精料配方。設計之羊隻自動化精料餵飼系統分為飼料桶與配出單元、懸吊式飼料桶移動單元、飼料補充單元，以及感測控制單元，圖 1 為系統控制功能架構，利用可程式邏輯控制器做為控制中心，透過可程式變頻器控制精料配出馬達轉速、懸吊式驅動輪馬達移動速度。

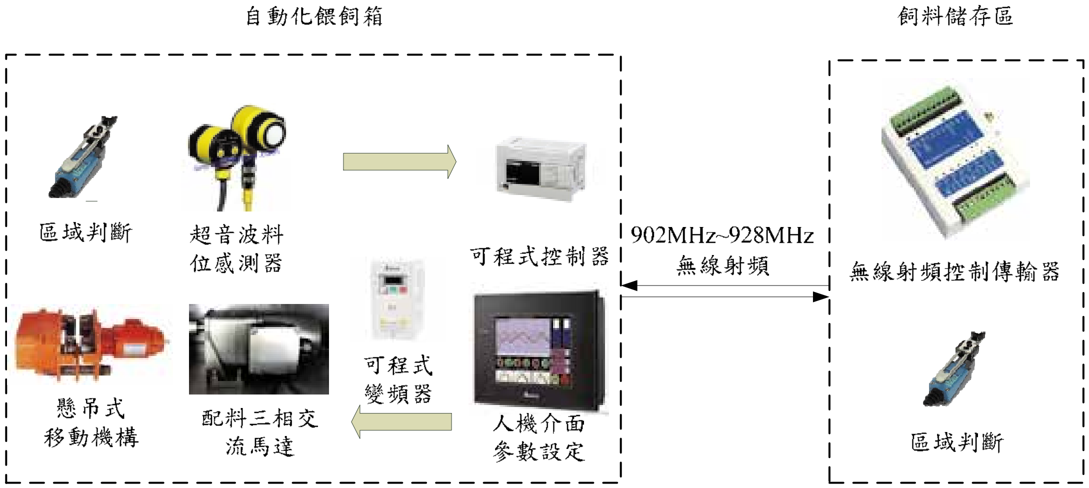

圖 1. 羊隻自動化精料餵飼系統之控制架構

2.2 羊隻自動化精料餵飼系統之設計

自動化餵飼系統依照樹狀圖規畫，進行人機介面功能之設計 (圖 2)，分為手動操作介面、自動操作介面及異常紀錄介面三大項。手動操作可控制補料高度、天車移動速度、移動方向、兩子桶放料速度、放料時間等功能 (Mitsubishi FX3U-32M PLC；Delta Electronics, DOP-B05S111, 5.6” color monitor)。自動操作功能可設定每天餵飼次數與放料時間。飼料桶與精料配出機構之設計，動物領域學者建議以少量多餐方式投料，每隻

羊一餐餵食 100 g，每次共餵飼 400 頭羊隻，需 40 kg 精料。將飼料桶分為二個子飼料桶，各載重 20 kg，飼料體積重量比約為 1.5:1。本研究設計子飼料桶容量為 54 公升。由於羊欄有頸夾的設計，羊場柵欄平均每公尺有 3 隻羊，換算每公尺需投精料 300 g。外部大桶長 730 mm、寬 360 mm、高 760 mm；子飼料桶長 360 mm、寬 350 mm、高 700 mm；放料開口長 98.4 mm、寬 64 mm (圖 3)。餵飼程式先確認各極限開關定位正常，天車 (1-HP drive wheel motor) 定速搜尋原點，到原點開始確認天車移動速度、兩子桶配料之相對應變頻器參數，各項參數符合設定，才會開始行走並投料 (0.5-HP distribution motor)，投料過程震動馬達作用 (PUTIA 15/2S-9, Shenzhen Putia Vibrating Motors Co., Ltd., Shenzhen, China)，避免堵料或架橋現象。天車行進至下一個區域，相對應極限開關感測後，天車會停止行進，重新確認設定的數值。各區域皆完成投料作業，回到原點由超音波感測器 (Banner, T30UXUA)，偵測是否需要補充飼料，若需補料，天車會行走至補料位置，由無線通訊模組傳遞雙向訊號 (Wenshing Electronics Co., Model: RD-800HI) 進行補料，完成後再回至原點並結束程式。程式執行過程中若有一個區域的極限開關沒有感測到，會停止所有排程，並將異常原因紀錄於人機介面的異常畫面。

2.3 羊隻自動化精料餵飼系統之試驗

(a) 移動投料均勻度之試驗

以固定行走速度搭配左右桶同時投料，以每間隔 10 Hz 的頻率，調整配料馬達。接料盒每 10 cm 為間隔，共 5 格，分析數據驗證移動放料功能是否均勻穩定，且放料功能需達到每公尺 300 g 的放料量。第一部分進行 3 種不同飼料之行進動態投料，將投料結果進行方差分析。第二部分在相同行進速度狀態，測試不同投料速度之均勻度。第三部分係為了解影響投料量變因的試驗，分別進行不同飼料影響投料情況的分析，單桶投料量與雙桶投料量之差異分析。

(b) 羊隻自動化精料餵飼系統之作業時間測試

以變頻器調整天車移動速度，測試羊隻自動化精料餵飼系統移動與感測之正常運作，於上下限值內調整頻率，間隔每 10 Hz，做出完整排程動作，每一個頻率重複試驗 5 次，紀錄程式開始與結束所需時間，測定羊隻自動化精料餵飼系統的於不同移動速度的作業時間關係。

三、結果與討論

3.1 羊隻自動化精料餵飼系統之研製

將初步試驗功能皆正常的羊隻自動化精料餵飼系統，安裝於羊舍進行整體功能驗證 (圖 4)，以仔羊、懷孕羊、泌乳羊、女羊等區分不同時期的羊隻，依照各個生長階段，提供不同比例的精料配方，試驗場域平面配置 (圖 5)。

3.2 羊隻自動化精料餵飼系統之試驗分析

(a) 三種不同顆粒大小飼料的移動投料均勻度試驗分析

使用無黏性的大顆粒、小顆粒、粉狀等三種精料，進行移動投料均勻度試驗，配料馬達頻率從 10 至 60 Hz，每間隔 10Hz 設置。使用大顆粒精料，配料馬達轉速由低至高，以方差分析所獲知 P 值分別為 0.981、0.910、0.541、0.805、0.535 及 0.697。使用小顆粒

精料，配料馬達轉速由低至高，以方差分析所獲知 P 值分別為 0.982、0.910、0.940、0.948、0.971 以及 0.723。使用粉狀飼料，配料馬達轉速由低至高，以方差分析所獲知 P 值分別為 0.998、0.739、0.760、0.955、0.905 及 0.888。三種不同粒徑的精料，於動態投料均勻度分析，在 95 %信心水準下沒有差異，也確證所研製的自動配料機構，可穩態適用於場域之投料需求。

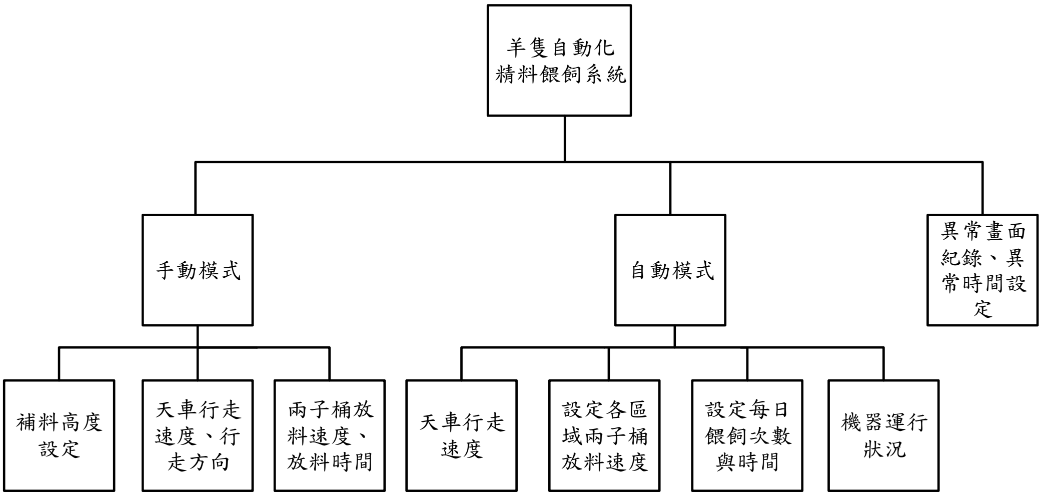

圖 2. 自動化餵飼程式功能樹狀圖

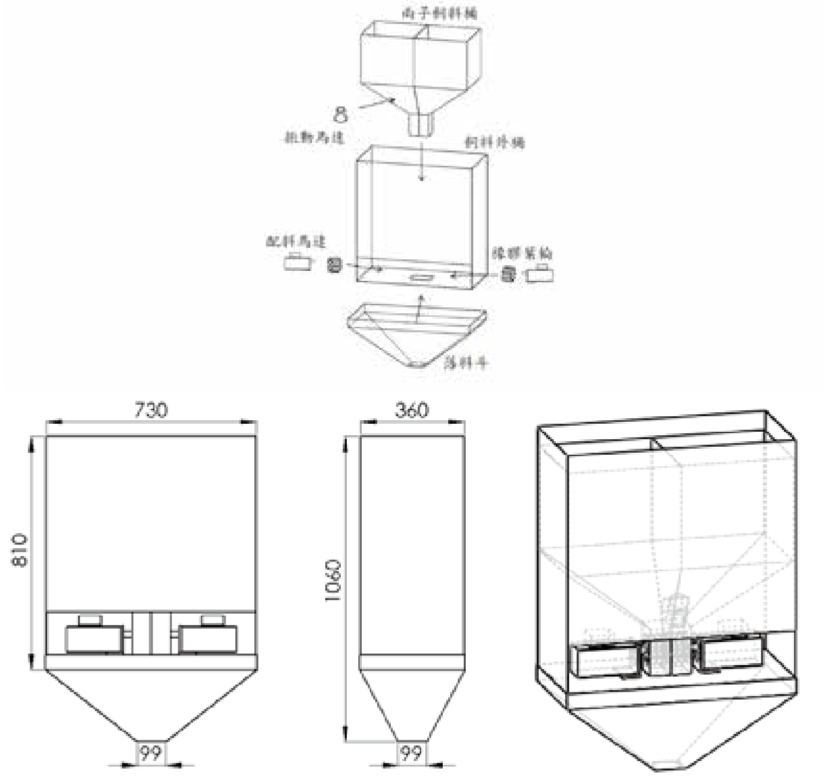

圖 3. 整體飼料桶與配出裝置之組合

圖 4. 試驗場域之整體功能試驗驗證

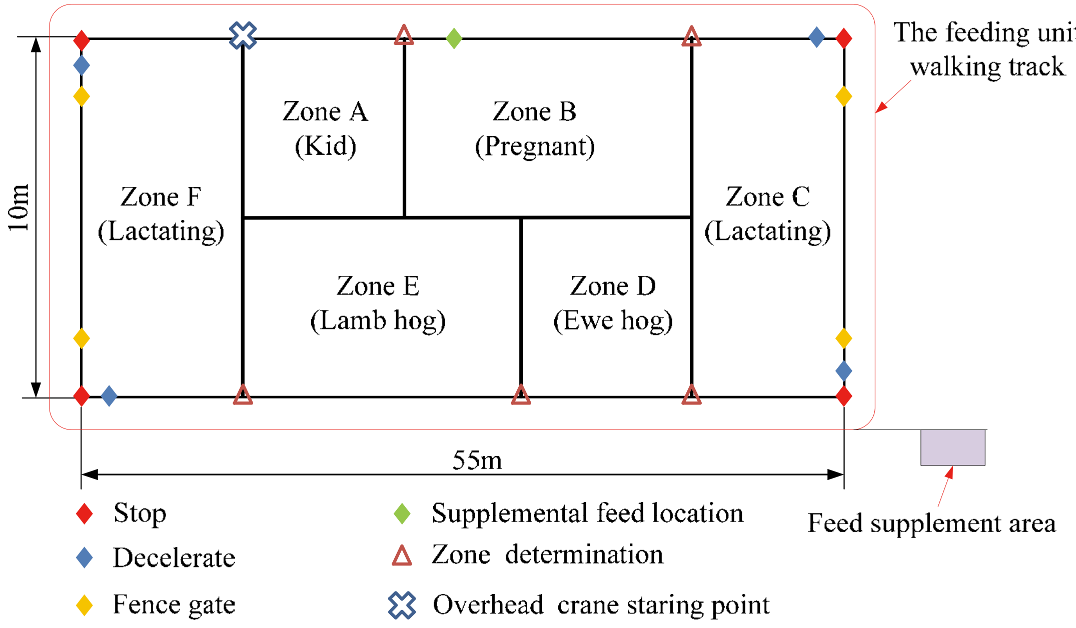

圖 5. 試驗場域之各區羊欄之分區判斷配置

(b) 三種不同顆粒大小於不同行進速度之投料均勻度分析

投料的試驗過程，有些料粒會受擠壓而碎裂產生粉狀料粒，因此影響體積重量比。每試驗批次所使用的飼料體積重量比，都有些微差異，試驗分析發現投料量所測得之實際值，小部分會因此大於理論值。然整體試驗分析可得知，三種粒狀飼料於投料行進速度與投料量的關係，皆為正相關，相關性係數都在 0.99 以上 (圖 6)，以此確證羊隻自動化精料餵飼系統的功能及穩定性極高。

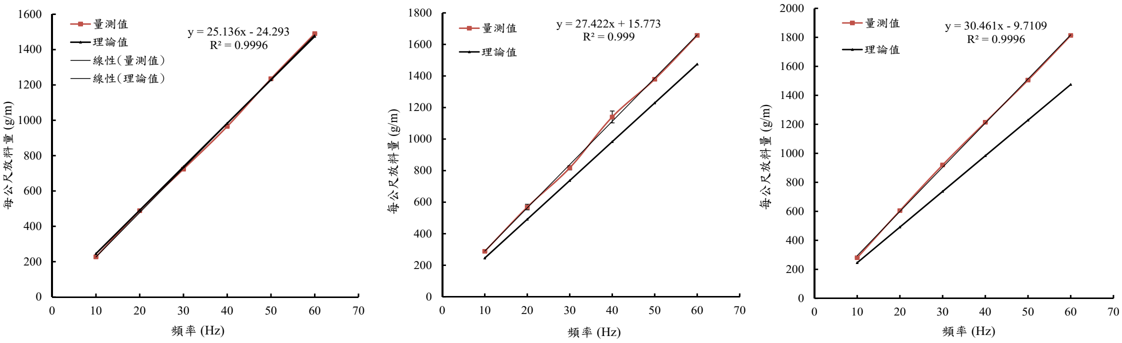

圖 6. 三種粒狀飼料於不同行進頻率 (速度) 與投料量之線性關係

(c) 影響投料量變因之試驗分析

不同行進速度與投料量關係之分析結果，可得知在不影響放料穩定性下，行進速度與放料量呈現負相關。行進速度越快每單位長度之放料量越低 (圖 7a)。當單桶配料馬達頻率設置為雙桶配料馬達頻率的二分之一，整體投料結果差異性不大，證明二個精料子桶的投料配置不會互相影響 (圖 7b)。於正常投料狀態之穩定性，不同精料的體積重量比，會影響投料量，試驗分析得知呈負相關，體積重量比越大，投料量越低 (圖 7c)。

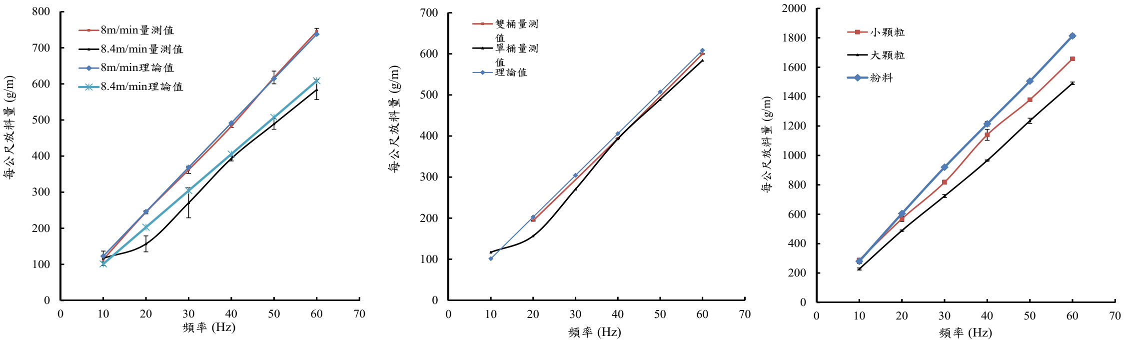

圖 7. (a) 不同行進速度與放料量關係，(b) 單桶與雙桶投料之差異分析，(c) 不同粒狀精料與投料量之關係

3.3 羊隻自動化精料餵飼系統之作業能量結果與分析

羊隻自動化精料餵飼設備之作業能量試驗於羊場進行，自動排程設定為 A、B、D、E 區放料，C、F 區不放料。完整自動排程與頻率之關係圖測試範圍定為 20～50 Hz。天車移動馬達頻率與移動速度雖為線性關係，當天車頻率設定為 60 Hz 時，仍會造成區域判斷感測器來不及感應，會使整個飼料箱體啟動與停止時的慣性動量太大，致天車搖晃劇烈。當天車馬達移動頻率設置小於 20 Hz，天車移動行走過慢，會造成同一區羊隻有多次進食情形，羊隻會在最開始的投料區域進食之後，又跑到天車行進至區域的末端再進食一次。平常設置天車之行進頻率為 30 Hz，天車移動馬達頻率設置為 30 Hz 之完整自動排程時序 (圖 8)，完整行程於羊舍自動排程所需時間為 16 分 30 秒。實測不同天車馬達頻率設置之移動速度與完整自動排程時間關係 (圖 9)。

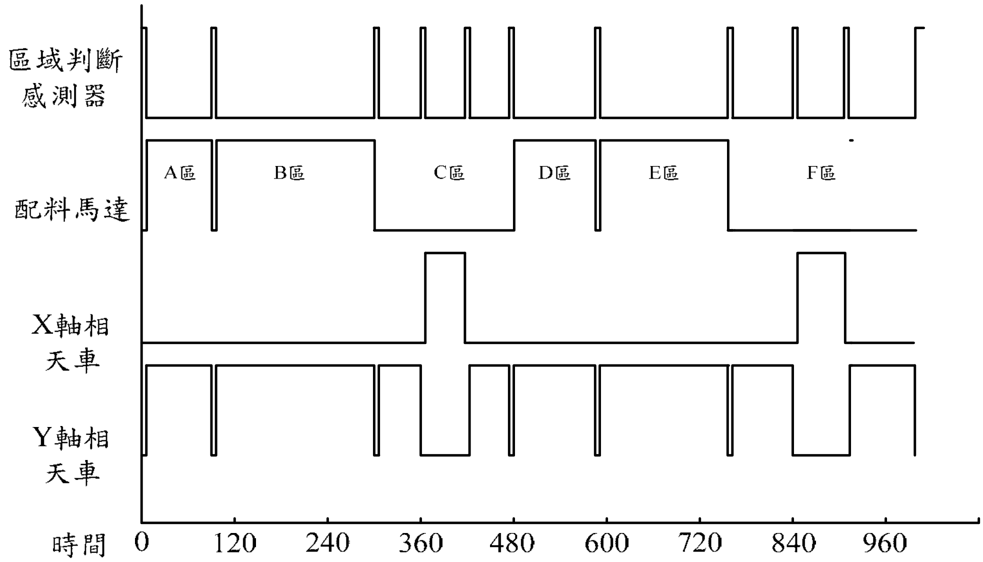

圖 8. 天車移動馬達設置為 30 Hz 之自動排程時序

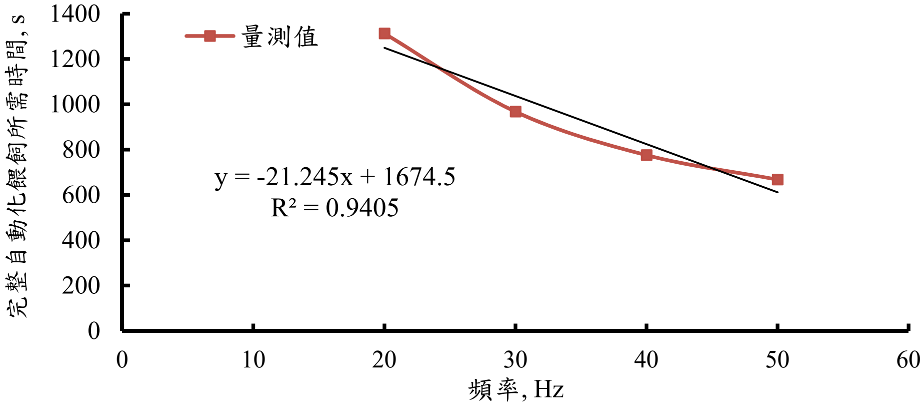

圖 9. 天車移動馬達設置不同頻率 (移動速度) 繞場所需之時間關係

四、結論

試驗場域的羊舍採高欄羊床式之設計，因此設計為懸吊式移動機構，實際於乳羊場架設使用羊隻自動化精料餵飼系統，設置在六個區域的不同餵飼需求，每天定量投料八次。本系統可適用於無黏性大顆粒、小顆粒、粉狀尺寸的羊隻飼料之投放，在各種投料馬達轉速設置下，投料量皆十分穩定。由影響投料量變因之試驗分析結果可知，影響投料量的變因有，體積重量比、葉輪體積、機器行進速度，配料馬達轉速等四項。由實際操作情形可得知，天車行進速度保持低速度最佳，行進速度越低能夠降低天車於啟動與停止時的慣性。平常天車移動馬達頻率設置為 30 Hz，完整行程於羊舍自動排程所需時間為 16 分 30 秒，整體投料穩定度高，且放料量能夠符合羊場每公尺 300 g 之最低放料量。經實測一年，羊隻畜牧場反映確實提高乳羊的泌乳量 10% 以上。

Automated Feeding System for Distributing Concentrated Goat Feed

Yi-Chich Chiu[1] Wei-Chih Tsai[2]

[1] Professor, Department of Biomechatronic Engineering, National Ilan University. & Director, Taiwan Agricultural Mechanization Research and Development Center.

[2] Master, Department of Biomechatronic Engineering, National Ilan University.

ABSTRACT

Nutrition is crucial for goat husbandry; therefore, concentrated feeds are necessary to ensure the health of goats. To feed small meals but more often, which can assist feed conversion rate or lactation yield. Because of the relatively small scale of Taiwanese goat farms, goats at various growth stages are kept in the same barn but separated into zones. Different concentrated feed formulas are needed for goats at different growth stages. Therefore, the objective of this study was to develop an automated feeding system for distributing concentrated feed for goats that can be suspended from the roof and is capable of detecting different zones and adjusting the distribution proportion accordingly. This system comprises a feed bucket and distribution mechanism, suspended feed bucket moving mechanism, and the sensor control unit. By using variable frequency drive to set motor speeds. The feed bucket developed in this study incorporates two sub buckets for different types of feed and distributes different proportions and quantities of feed at different times according to the feeding zone. The trial carried out by farmers indicated that under a feeding program in which goats were fed 8 times per day with 100 g of concentrated feed distributed per goat per meal, the lactation quantity was effectively increased by 10%. This system was demonstrated to have practical value and commercial potential. An extensive application of this system in the future may resolve the labor shortage that besets goat farming and effectively improve farming quality.

Keywords: Goats, feeding, automation, concentrated feed, precision management.